

2
4-2-01
PATENT 5000-1-233



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS : Sung-Jin PARK; et al.
SERIAL NO. : Unassigned
FILED : Herewith
FOR : METHOD AND APPARATUS FOR MONITORING WDM
OPTICAL SIGNAL

PETITION FOR GRANT OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

Dear Sir:

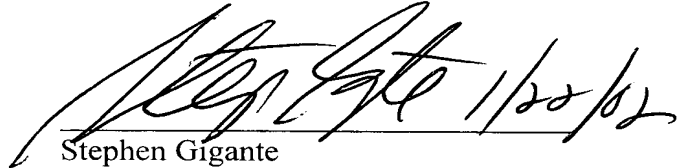
Applicant hereby petitions for grant of priority of the present Application on the basis of the following prior filed foreign Application:

<u>COUNTRY</u>	<u>SERIAL NO.</u>	<u>FILING DATE</u>
Republic of Korea	2001-23695	May 2, 2001

To perfect Applicant's claim to priority, certified copies of the above listed prior filed Application is enclosed.

Acknowledgment of Applicant's perfection of claim to priority is accordingly requested.

Respectfully submitted,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Stephen Gigante", followed by a horizontal line and the date "1/20/02".

Stephen Gigante
Attorney for Applicant
Registration No. 42,576

KLAUBER & JACKSON
411 Hackensack Avenue
Hackensack, NJ 07601
(201)487-5800

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2001년 제 23695 호
Application Number

출원년월일 : 2001년 05월 02일
Date of Application

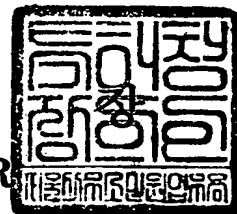
출원인 : 삼성전자 주식회사
Applicant(s)



2001 년 06 월 05 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2001.05.02
【국제특허분류】	G02B
【발명의 명칭】	파장분할 다중화된 광신호의 감시 방법 및 장치
【발명의 영문명칭】	MONITORING METHOD AND APPARATUS FOR WAVELENGTH DIVISIO MULTIPLEXED OPTICAL SIGNAL
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이건주
【대리인코드】	9-1998-000339-8
【포괄위임등록번호】	1999-006038-0
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박성진
【성명의 영문표기】	PARK,Sung Jin
【주민등록번호】	730714-1481613
【우편번호】	790-784
【주소】	경상북도 포항시 남구 효자동 포항공과대학교 물리학과
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김성하
【성명의 영문표기】	KIM,Seong Ha
【주민등록번호】	681105-1057915
【우편번호】	442-741
【주소】	경기도 수원시 팔달구 영통동 1052-2 황골마을 쌍용아파트 242동 120 4호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	송관웅
【성명의 영문표기】	SONG,Kwan Woong

【주민등록번호】 710502-1066619
【우편번호】 156-802
【주소】 서울특별시 동작구 노량진1동 214-130 5/3
【국적】 KR
【심사청구】 청구
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이견주 (인)
【수수료】
【기본출원료】 20 면 29,000 원
【가산출원료】 24 면 24,000 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 12 항 493,000 원
【합계】 546,000 원
【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명에 따른 파장분할 다중화된 광신호의 감시 방법은, 파장별 세기 분포를 나타내는 파장 스펙트럼 상에서 상기 입력 광신호의 양옆에 위치하는 제1 및 제2 기준광을 상기 파장분할 다중화된 광신호와 결합하는 과정과; 인가된 구동 전압에 따라 그 투과 파장이 변하는 필터에 상기 결합된 광신호를 입력시키는 과정과; 상기 필터로부터 출력되는 광신호를 검출함에 따라 상기 결합된 광신호의 전체 파장 대역에 걸쳐서 구동 전압에 따른 광세기 그래프를 도출하는 과정과; 상기 제1 및 제2 기준광의 기설정된 제1 및 제2 기준 파장들과, 상기 제1 및 제2 기준 파장에 관련된 제1 및 제2 기준 구동전압으로부터 구동 전압에 따른 선형 근사된 파장을 도출하는 과정과; 상기 필터의 작동 온도를 감지하는 과정과; 상기 필터의 투과 파장과 상기 선형 근사된 파장의 불일치를 보상하기 위해 기설정된 비선형 보정식에 구동 전압 및 상기 필터의 작동 온도를 대입하여 비선형 보정된 파장을 도출하는 과정을 포함한다.

【대표도】

도 3

【색인어】

파장분할 다중화, 광신호 감시 장치, 비선형 파장 보정

【명세서】**【발명의 명칭】**

파장분할 다중화된 광신호의 감시 방법 및 장치{MONITORING METHOD AND APPARATUS FOR WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXED OPTICAL SIGNAL}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래의 파장 분할 다중화된 광신호의 감시 장치를 개략적으로 나타낸 도면,

도 2은 도 1에 도시된 광섬유 페브리-페롯 필터의 구동 전압별 투과 파장에 대한 선형 근사된 파장 그래프와 실제 파장 그래프를 나타내는 도면,

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 파장분할 다중화된 광신호의 감시 장치를 나타내는 도면,

도 4는 도 3에 도시된 제어부의 신호 처리 과정을 나타내는 흐름도,

도 5는 도 4에 도시된 필터링 과정을 나타내는 흐름도,

도 6은 도 3에 도시된 디지털 광검출 신호를 나타내는 도면,

도 7은 도 6에 도시된 제1 비선형 보정식을 도출하기 위한 시스템을 나타내는 도면,

도 8은 도 7에 도시된 컴퓨터의 신호 처리 과정을 나타내는 흐름도,

도 9는 도 8에 도시된 파장 그래프 비교 단계를 설명하기 위한 도면,

도 10은 도 6에 도시된 제2 비선형 보정식을 도출하기 위한 시스템을 나타내는 도면,

도 11은 도 10에 도시된 컴퓨터의 신호 처리 과정을 나타내는 흐름도,

도 12는 본 발명에 따른 제2 비선형 보정된 파장 그래프와 선형 근사된 파장 그래프의 차이를 설명하기 위한 도면,

도 13a는 광스펙트럼 분석기를 이용하여 측정된 파장분할 다중화된 광신호의 파장별 세기 분포를 나타낸 도면,

도 13b는 본 발명에 따른 파장분할 다중화된 광신호 감시 장치에서 비선형 보정된 파장 그래프를 나타낸 도면,

도 14a는 도 13a 도시된 광신호를 선형 근사한 경우의 파장 에러 분포를 나타내는 도면,

도 14b는 도 13a 도시된 광신호를 제1 비선형 보정한 경우의 파장 에러 분포를 나타내는 도면,

도 14c는 도 13a 도시된 광신호를 제2 비선형 보정한 경우의 파장 에러 분포를 나타내는 도면.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<18> 본 발명은 파장분할 다중 광통신 시스템(wavelength division multiplexing optical communication system)에서 관한 것으로서, 특히 상기 시스템에서 전송되는 파장분할 다중화된 광신호를 감시하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

<19> 파장분할 다중 광통신 시스템은 다수의 채널(channel)들로 구성된 광신호를 광섬유를 통해 전송하며, 전송 효율 및 전송량이 우수하여 초고속 인터넷 망(internet)에 널리 쓰이고 있다. 이 때, 상기 파장분할 다중화된 광신호는 진행 거리에 따라서 감쇠되므로, 상기 광신호의 파장, 세기 등의 특성을 감시하는 장치 및 방법이 요구된다.

<20> 종래의 다양한 광신호 감시 장치들 중에서 광섬유 페브리-페롯 필터(fiber Fabry-Perot)를 이용한 광신호 감시 장치는 부피가 작으면서도 분해능이 우수하기 때문에 널리 이용되고 있다. 또한, 광섬유 페브리-페롯 필터는 구동 전압의 인가에 따라 그 투과 파장이 변화되며, 구동 전압이 선형적으로 인가되었을 경우에 그 투과 파장이 비선형적으로 변하는 특성이 있다. 더욱이, 광섬유 페브리-페롯 필터는 작동 온도에 따라 그 투과 파장이 변화되는 특성이 있다.

<21> 도 1은 종래의 파장분할 다중화된 광신호의 감시 장치를 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 1에는 광섬유(110), 페브리-페롯 필터(130), 광검출부(150), 아날로그/디지털 변환부(analog/digital converter, 160), 제어부(170), 디지털/아날로그 변환부(digital/analog converter, 180) 및 필터 구동부(filter driver, 190)가 도시되어 있다.

<22> 상기 광섬유(110) 내로 광신호(120)가 진행하며, 상기 광신호(120)는 파장분할 다중화된 광신호(122)와 제1 및 제2 기준광(124 및 126)으로 구성된다.

<23> 상기 페브리-페롯 필터(130)는 선형적으로 인가되는 구동 전압(195)에 따라서 그 투과 파장이 변화한다. 즉, 상기 페브리-페롯 필터(130)는 소정 구동 전압에 대하여 소정 파장의 광신호만을 통과시키며 그 이외의 파장을 가지는 광신호는 통과시키지 않는다. 상기 페브리-페롯 필터(130)에 인가되는 구동 전압(195)이 선형적으로 증가하

로, 상기 페브리-페롯 필터(130)의 투과 파장도 점차적으로 증가하게 된다.

- <24> 상기 광검출부(150)는 상기 페브리-페롯 필터(130)로부터 입력되는 파장분할 다중화된 광신호(140)를 아날로그 광검출 신호(155)로 변환하여 출력한다.
- <25> 상기 아날로그/디지털 변환부(160)는 상기 아날로그 광검출 신호(155)를 디지털 광검출 신호(165)로 변환하여 출력한다.
- <26> 상기 디지털/아날로그 변환기(180)는 상기 제어부(170)로부터 입력되는 디지털 구동 신호(175)를 아날로그 구동 신호(185)로 변환하여 출력한다.
- <27> 상기 필터 구동부(190)는 상기 아날로그 구동 신호(185)에 따른 구동 전압(195)을 상기 페브리-페롯 필터(130)에 인가한다.
- <28> 상기 제어부(170)는 상기 디지털 구동 신호(175)를 출력하며, 상기 아날로그/디지털 변환부(160)로부터 디지털 광검출 신호(165)를 입력받는다. 또한, 미리 설정된 상기 제1 및 제2 기준광(124 및 126)의 제1 및 제2 기준 파장과, 상기 디지털 광검출 신호(165)로부터 파악되며 상기 제1 및 제2 기준 파장에 해당하는 제1 및 제2 기준 구동 전압으로부터 선형 근사식을 도출한다. 상기 제어부(170)는 상기 선형 근사식을 이용하여 상기 신호 채널들(122)의 파장들을 결정하게 된다.
- <29> 도 2은 도 1에 도시된 광섬유 페브리-페롯 필터(130)의 투과 파장에 대한 선형 근사된 파장 그래프(210)와 실제 투과 파장 그래프(220)를 나타내는 도면이다. 도시된 바와 같이, 상기 광섬유 페브리-페롯 필터(130)의 구동 전압별 실제 투과 파장은 선형적으로 인가되는 구동 전압(195)에 대하여 비선형적으로 변화한다. 또한, 종래의 광신호 감시 장치는 이러한 실제 투과 파장 그래프(220)를 도시된 바와 같이 직선의 그래프(210)

로 근사하였다. 즉, 측정하고자 하는 소정 파장 대역을 정의하는(즉, 측정하고자하는 광 신호의 파장은 상기 소정 파장 대역 내에 위치한다.) 기설정된 제1 및 제2 기준 파장(X_1 및 X_2)과, 상기 제1 및 제2 기준 파장(X_1 및 X_2)과 관련된 제1 및 제2 기준 구동전압(V_1 및 V_2)을 이용하여 선형 근사식을 설정하고, 상기 실제 파장 그래프(220)를 상기 선형 근사식을 만족하는 직선의 그래프(210)으로 근사하는 것이다. 상기 선형 근사식은 하기 <수학식 1>에 정의되어 있다.

<30> 【수학식 1】

$$x = \frac{X_1 - X_2}{V_1 - V_2} (v - V_1) + X_1$$

<31> 여기에서, x 는 선형 근사된 파장이고, v 는 상기 x 에 관련된 구동 전압이다. 예를 들어, 상기 광섬유 페브리-페롯 필터(130)에 제3 구동 전압(V_3)을 인가함과 동시에 소정 광신호가 검출되었다면, 상기 소정 광신호의 실제 파장은 제3 투과 파장(X_3)임에도 불구하고 제4 투과 파장(X_4)인 것으로 측정되는 것이다.

<32> 상술한 바와 같이, 종래의 광섬유 페브리-페롯 필터를 이용한 광신호 감시 장치는 광섬유 페브리-페롯 필터의 투과 파장 그래프가 나타내는 비선형성을 적절히 보상하지 못한다는 문제점이 있다. 즉, 종래의 광섬유 페브리-페롯 필터를 이용한 광신호 감시 장치는 광섬유 페브리-페롯 필터의 투과 파장 그래프가 직선의 그래프라고 가정하기 때문에, 실제 투과 파장과 측정된 투과 파장이 일치하지 않는다. 이에 따라서, 상기 광신호 감시 장치에 입력된 광신호에 대하여 측정된 파장은 실제 파장과 일치하지 않게 되는 것이다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <33> 따라서, 본 발명의 목적은 광섬유 페브리-페롯 필터의 구동 전압별 투과 파장 그래프가 가지는 비선형성을 보정함에 따라서 파장분할 다중화된 광신호의 특성을 정밀하게 측정할 수 있는 광신호 감시 방법 및 장치를 제공함에 있다.
- <34> 상기한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 파장분할 다중화된 입력 광신호의 감시 방법은,
- <35> 파장별 세기 분포를 나타내는 파장 스펙트럼 상에서 상기 입력 광신호의 양옆에 위치하는 제1 및 제2 기준광을 상기 파장분할 다중화된 광신호와 결합하는 과정과;
- <36> 인가된 구동 전압에 따라 그 투과 파장이 변하는 필터에 상기 결합된 광신호를 입력시키는 과정과;
- <37> 상기 필터로부터 출력되는 광신호를 검출함에 따라 상기 결합된 광신호의 전체 파장 대역에 걸쳐서 구동 전압에 따른 광세기 그래프를 도출하는 과정과;
- <38> 상기 제1 및 제2 기준광의 기설정된 제1 및 제2 기준 파장과, 상기 제1 및 제2 기준 파장에 관련된 제1 및 제2 기준 구동전압으로부터 구동 전압에 따른 선형 근사된 파장을 도출하는 과정과;
- <39> 상기 필터의 투과 파장과 상기 선형 근사된 파장의 불일치를 보상하기 위해 기설정된 비선형 보정식에 구동 전압을 대입하여 비선형 보정된 파장을 도출하는 과정을 포함한다.
- <40> 또한, 본 발명에 따른 파장분할 다중화된 광신호의 감시 방법은,
- <41> 파장별 세기 분포를 나타내는 파장 스펙트럼 상에서 상기 파장분할 다중화된 광신

호의 양옆에 위치하는 제1 및 제2 기준광을 상기 파장분할 다중화된 광신호와 결합하는 과정과;

<42> 인가된 구동 전압에 따라 그 투과 파장이 변하는 필터에 상기 결합된 광신호를 입력시키는 과정과;

<43> 상기 필터로부터 출력되는 광신호를 검출함에 따라 상기 결합된 광신호의 전체 파장 대역에 걸쳐서 구동 전압에 따른 광세기 그래프를 도출하는 과정과;

<44> 상기 제1 및 제2 기준광들의 기설정된 제1 및 제2 기준 파장과, 상기 제1 및 제2 기준 파장에 관련된 제1 및 제2 기준 구동전압으로부터 구동 전압에 따른 선형 근사된 파장을 도출하는 과정과;

<45> 상기 필터의 작동 온도를 감지하는 과정과;

<46> 상기 필터의 투과 파장과 상기 선형 근사된 파장의 불일치를 보상하기 위해 기설정된 비선형 보정식에 구동 전압 및 상기 필터의 작동 온도를 대입하여 비선형 보정된 파장을 도출하는 과정을 포함한다.

<47> 더욱이, 본 발명에 따른 파장분할 다중화된 광신호의 감시 장치는,

<48> 파장별 세기 분포를 나타내는 파장 스펙트럼 상에서 상기 파장분할 다중화된 광신호의 양옆에 위치하는 두 기준광과 상기 파장분할 다중화된 광신호를 결합하는 광결합기와;

<49> 상기 광결합기로부터 출력된 결합된 광신호 중에서 구동 전압에 따라 결정되는 소정 파장만을 투과시키는 필터와;

<50> 입력된 구동 신호에 따라 선형적으로 변화하는 구동 전압을 상기 필터에 공급하는

필터 구동부와;

- <51> 상기 필터로부터 출력되는 광신호를 광전 변환하여 광검출 신호로 출력하는 광검출부와;
- <52> 상기 필터의 작동 온도를 감지하며, 그 감지된 작동 온도를 나타내는 온도 감지 신호를 출력하는 온도 감지부와;
- <53> 상기 광검출 신호 및 온도 감지 신호를 입력받으며 상기 필터 구동부에 구동 신호를 출력하고, 상기 제1 및 제2 기준광의 기설정된 제1 및 제2 기준 파장과 상기 제1 및 제2 기준 파장에 관련된 제1 및 제2 기준 구동전압으로부터 구동 전압에 따른 선형 근사된 파장을 도출하며, 상기 필터의 투과 파장과 상기 선형 근사된 파장의 불일치를 보상하기 위해 기설정된 비선형 파장 보정식에 구동 전압 및 상기 필터의 작동 온도를 대입하여 비선형 보정된 파장을 도출하는 제어부를 포함한다.

【발명의 구성 및 작용】

- <54> 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기 설명에서는 구체적인 구성 소자 등과 같은 특정 사항들이 나타나고 있는데 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐 이러한 특정 사항들이 본 발명의 범위 내에서 소정의 변형이나 혹은 변경이 이루어질 수 있음은 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다.
- <55> 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 파장분할 다중화된 광신호의 감시 장치를 나타내는 도면이다. 도 3에는 광섬유(350)와, 광증폭부(310)와, 제1, 제2 및 제3 커

플러(coupler, 320, 324 및 328)와, 제1 및 제2 광섬유 브래그 격자(fiber Bragg grating, 330 및 335)와, 페브리-페롯 필터(355)와, 온도 감지부(385)와, 광검출부(360)와, 아날로그/디지털 변환부(365)와, 디지털/아날로그 변환부(375)와, 필터 구동부(380)와, 제어부(370)로 구성된다.

<56> 상기 광섬유(350) 내로 파장분할 다중화된 광신호(301)가 진행하며, 상기 파장분할 다중화된 광신호는 다수의 신호 채널들로 구성된다.

<57> 상기 광증폭부(310)는 상기 파장분할 다중화된 광신호(301)를 증폭하고, 상기 광증폭부(310)로는 광섬유 증폭부, 반도체 증폭부 등을 사용할 수 있으며, 상기 광섬유 증폭부로는 어븀첨가 광섬유(Erbium doped fiber), 프라세오듐 첨가 광섬유(Pr doped fiber) 등을 사용할 수 있다.

<58> 상기 제1 커플러(320)는 제1 단자로 상기 파장분할 다중화된 광신호(302)를 입력받고, 제2 단자로 상기 파장분할 다중화된 광신호(302)의 90%를 출력하며, 제3 단자로 상기 파장분할 다중화된 광신호(302)의 10%를 출력한다.

<59> 상기 제2 커플러(324)는 제1 단자로 입력된 파장분할 다중화된 광신호(302)를 제2 단자로 출력하며, 상기 제2 단자로 입력되는 제1 및 제2 기준광(344 및 348)을 제3 단자로 출력한다.

<60> 상기 제1 광섬유 브래그 격자(330)는 상기 제2 커플러(324)의 제2 단자로부터 입력된 파장분할 다중화된 광신호(302)에서 제1 기준 파장을 가지는 제1 기준광(344)을 반사한다.

<61> 상기 제1 광섬유 브래그 격자(330)와 직렬로 설치된 제2 광섬유 브래그 격자(335)

는 상기 제1 광섬유 브래그 격자(330)로부터 입력되는 파장분할 다중화된 광신호(302)에서 제2 기준 파장을 가지는 제2 기준광(348)을 반사한다.

<62> 상기 제3 커플러(328)는 제1 단자로 입력되는 상기 파장분할 다중화된 광신호(304)의 10%와, 제3 단자로 입력되는 상기 제1 및 제2 기준광(344 및 348)의 90%를 결합하여 그 결합된 광신호(305)를 제2 단자로 출력한다.

<63> 상기 페브리-페롯 필터(355)는 상기 제3 커플러(328)의 제2 단자로부터 입력된 결합된 광신호(305)를 선형적으로 인가되는 구동 전압(382)에 따라서 순차적으로 투과시킨다.

<64> 상기 온도 감지부(385)는 상기 페브리-페롯 필터(355)의 작동 온도를 감지하며, 그 감지된 작동 온도를 나타내는 온도 감지 신호(387)를 상기 제어부(370)로 출력한다.

<65> 상기 광검출부(360)는 상기 페브리-페롯 필터(355)로부터 입력된 결합된 광신호(306)를 아날로그 광검출 신호(362)로 변환하여 출력한다. 상기 광검출부(360)로는 포토다이오드(photodiode)나 CCD 카메라(charge coupled devices camera)를 사용할 수 있다.

<66> 상기 아날로그/디지털 변환부(365)는 상기 아날로그 광검출 신호(362)를 디지털 광검출 신호(367)로 변환하여 출력한다.

<67> 상기 디지털/아날로그 변환부(375)는 상기 제어부(370)로부터 입력되는 디지털 구동 신호(372)를 아날로그 구동 신호(377)로 변환하여 출력한다.

<68> 상기 필터 구동부(380)는 상기 아날로그 구동 신호(377)에 따른 구동 전압(382)을 상기 페브리-페롯 필터(355)에 인가한다.

- <69> 상기 제어부(370)는 상기 디지털 구동 신호(372)를 상기 디지털/아날로그 변환부(375)로 출력하며, 상기 아날로그/디지털 변환부(365)로부터 디지털 광검출 신호(367)를 입력받는다.
- <70> 도 4는 도 3에 도시된 제어부(370)의 신호 처리 과정을 나타내는 흐름도이다. 도시된 바와 같이, 상기 흐름도는 필터링 과정(410)과, 비선형 보정 모드 선택 과정(430)과, 선형 근사식 도출 과정(434 또는 438)과, 제1 비선형 보정식 도출 과정(440)과, 제2 비선형 보정식 도출 과정(470)으로 구성된다.
- <71> 도 5는 도 4에 도시된 필터링 과정(410)을 나타내는 흐름도이다. 상기 흐름도는 제1 푸리에 변환(Fourier conversion, 414) 과정과, 제2 푸리에 변환 과정(418)과, 노이즈 추정(noise estimation, 420) 과정과, 컨볼루션(convolution, 424) 과정과, 역푸리에 변환(inverse Fourier conversion, 428) 과정으로 구성된다. 상기 필터링 과정(410)은 제어부(370)로 입력된 디지털 광검출 신호(367)에서 노이즈를 제거하기 위한 것이다.
- <72> 상기 제1 푸리에 변환 과정(414)은 광섬유 페브리-페롯 필터(355)를 나타내는 광반응 함수(h)를 푸리에 변환하는 과정이다. 이러한 과정에 따라서, 푸리에 변환된 광반응 함수(H)가 얻어진다.
- <73> 상기 제2 푸리에 변환 과정(418)은 상기 디지털 광검출 신호(367)에서 파장분할 다중화된 광신호를 나타내는 광신호 함수(g)를 푸리에 변환하는 과정이다. 이러한 과정에 따라서, 푸리에 변환된 광신호 함수(G)가 얻어진다.
- <74> 상기 노이즈 추정 과정(420)은 상기 디지털 광검출 신호(367)에서 상기 파장분할 다중화된 광신호에 중첩되어 나타나는 노이즈를 제거하기 위해 노이즈 추정치(q)를 얻어

내는 과정이다.

<75> 도 6은 도 3에 도시된 디지털 광검출 신호(367)를 나타내는 도면이다. 도 6에는 파장분할 다중화된 광신호의 그래프만이 도시되어 있다. 상기 그래프에는 파장분할 다중화된 광신호와, 상기 파장분할 다중화된 광신호에 중첩되어 나타나는 노이즈가 도시되어 있다. 즉, 상기 파장분할 다중화된 광신호의 세기(A)는 상기 노이즈의 세기(B)가 포함된 세기이다.

<76> 다시 도 5로 돌아가서, 상기 컨볼루션 과정(424)은 이전 과정들에서 얻어진 푸리에 변환된 광반응 함수(H)와, 푸리에 변환된 광신호 함수(G)와, 노이즈 추정치(q)를 이용하여 컨볼루션하는 과정이다. 이러한 과정에 따라서, 컨볼루션된 광신호 함수(F)가 얻어진다.

<77> 상기 역푸리에 변환 과정(428)은 상기 컨볼루션된 광신호 함수(F)를 역푸리에 변환하는 과정이다. 이에 과정에 따라서, 역푸리에 변환된 광신호 함수(f), 즉 노이즈가 제거된 광신호 함수가 얻어진다.

<78> 다시 도 4로 돌아가서, 상기 비선형 보정 모드 선택 과정(430)은 제1 비선형 보정 모드 및 제2 비선형 보정 모드 중 한 모드를 선택하는 과정이다. 상기 제1 비선형 보정 모드와 제2 비선형 보정 모드의 차이점은 광섬유 페브리-페롯 필터(355)에 대한 투과 파장의 온도 의존성을 고려하는지의 여부에 있다.

<79> 상기 제1 비선형 보정 모드는 선형 근사식 도출 과정(434)과, 제1 비선형 보정식 도출 과정(440)으로 구성된다.

<80> 상기 선형 근사식 도출 과정(434)은 제1 및 제2 기준광(344 및 348)의 제1 및 제2

기준 파장(X_1 및 X_2)과, 상기 제1 및 제2 기준 파장(X_1 및 X_2)에 관련되는 제1 및 제2 기준 구동전압(V_1 및 V_2)을 이용하여 <수학식 1>에 나타낸 바와 같은 선형 근사식을 도출하는 과정이다.

<81> 상기 제1 비선형 보정식 도출 과정(440)은 상기 <수학식 1>에서 구해지는 선형 근사된 파장(x)을 변수로 하며 다항식 $P_M(x)$ 을 이용한 제1 비선형 보정식을 구하는 과정이다. 또한, 상기 제1 비선형 보정식에 따른 파장 그래프는 (V_1, X_1)과 (V_2, X_2)를 지나야 한다. 따라서, 상기 제1 비선형 보정식은 하기 <수학식 2>와 같이 표현된다.

<82> 【수학식 2】

$$y = x + (x - X_1)(x - X_2) \sum_{m=0}^M a_m x^m \equiv x + (x - X_1)(x - X_2) P_M(x)$$

<83> 여기에서, y 는 제1 비선형 보정된 파장이며, a_m 은 m 차 비선형 계수이다. 이 때, 상기 $P_M(x)$ 는 실험 데이터를 통해 구해지며, 상기 $P_M(x)$ 을 구한다는 것은 결국 M 과 a_m 을 결정한다는 것이다. 또한, a_m 은 M 이 정해짐에 따라 정형화된 일련의 계산 과정을 거쳐서 결정되므로, M 을 어떻게 결정하는가가 중요하다.

<84> 도 7은 도 6에 도시된 제1 비선형 보정식을 도출하기 위한 시스템을 나타내는 도면이다. 도 7에 도시된 시스템은 표준 파장 생성기(510)와, 도 3에 도시된 감시 장치(390)와, 컴퓨터(520)로 구성된다.

<85> 상기 표준 파장 생성기(510)는 상기 감시 장치(390)로 출력되는 표준 광신호의 파장을 정밀하게 제어할 수 있는 장치이며, 상기 표준 광신호의 표준 파장 그래프에 대한 정보(z)를 상기 컴퓨터(520)로 출력한다.

- <86> 상기 감시 장치(390)는 상기 표준 광신호를 입력받으며 그로부터 도출되는 선형 근사식에 대한 정보(x)를 상기 컴퓨터(520)로 출력한다.
- <87> 상기 컴퓨터(520)는 일련의 신호 처리 과정을 거쳐서 상기 표준 파장 그래프와 가장 근접한 파장 그래프를 나타내는 제1 비선형 보정식을 도출하는 기능을 수행한다.
- <88> 도 8은 도 7에 도시된 컴퓨터(520)의 신호 처리 과정을 나타내는 흐름도이다. 상기 신호 처리 과정은 표준 데이터 집합을 설정하는 단계(448)와, $P_M(x)$ 를 산출하는 단계(450)와, 파장 그래프 비교 단계(454)와, 오차 허용 판별 단계(458)로 구성된다. 또한, 초기에 M값을 1로 설정하며(444), 이러한 초기값은 임의로 정할 수 있다.
- <89> 상기 표준 데이터 집합을 설정하는 단계(448)는 선형 근사된 파장(x)과, 표준 파장 그래프로부터 얻어지는 표준 파장(z)을 데이터 쌍으로 하는 다수의 데이터 쌍의 집합, 즉 $\{(x_0, z_0), (x_1, z_1), \dots, (x_K, z_K)\}$ 을 설정하는 단계이다. 이 때, 상기 K는 (M+1)과 동일한 값을 갖는다.
- <90> 상기 $P_M(x)$ 를 산출하는 단계(450)는 상기 표준 데이터 집합을 이용하여 $P_M(x)$, 즉 상기 <수학식 2>에서 a_m 을 산출하는 단계이다.

<91> 【수학식 3】

$$\begin{pmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \cdots & x_0^M \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \cdots & x_1^M \\ & & \vdots & & \\ 1 & x_K & x_K^2 & \cdots & x_K^M \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_M \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{z_0 - x_0}{(x_0 - X_1)(x_0 - X_2)} \\ \frac{z_1 - x_1}{(x_1 - X_1)(x_1 - X_2)} \\ \vdots \\ \frac{z_K - x_K}{(x_K - X_1)(x_K - X_2)} \end{pmatrix}$$

<92>

$$\therefore \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_M \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \cdots & x_0^M \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \cdots & x_1^M \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_K & x_K^2 & \cdots & x_K^M \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \frac{z_0 - x_0}{(x_0 - X_1)(x_0 - X_2)} \\ \frac{z_1 - x_1}{(x_1 - X_1)(x_1 - X_2)} \\ \vdots \\ \frac{z_K - x_K}{(x_K - X_1)(x_K - X_2)} \end{pmatrix}$$

<93> 상기 <수학식 3>에서 얻어진 a_m 을 상기 <수학식 2>에 대입하여 제1 비선형 보정식을 얻는다.

<94> 상기 파장 그래프 비교 단계(454)는 상기 제1 비선형 보정식이 나타내는 제1 비선형 보정된 파장 그래프와 상기 표준 파장 그래프를 비교하는 단계이며, 상기 오차 허용 판별 단계(458)는 상기 제1 비선형 보정된 파장 그래프와 상기 표준 파장 그래프의 차이를 나타내는 오차가 기설정된 오차 허용 기준에 부합하는지 판별하는 단계이다. 만약, 오차 허용 기준에 부합하지 않는다면 도 8에 도시된 바와 같이 M을 1만큼 증가시킨 후 (460) 다시 상기 표준 데이터 집합을 설정하는 단계(448)로 이동하게 된다.

<95> 도 9는 도 8에 도시된 파장 그래프 비교 단계(454)를 설명하기 위한 도면이다. 도 9에는 선형 근사된 파장 그래프와, M=3인 제1 비선형 보정된 파장 그래프와, M=4인 제1 비선형 보정된 파장 그래프와, 표준 파장 그래프와, M=5인 제1 비선형 보정된 파장 그래프가 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, M=3인 제1 비선형 보정된 파장 그래프보다는 M=4인 제1 비선형 보정된 파장 그래프가 상기 표준 파장 그래프에 더 근접하다. 또한, 상기 M=4인 제1 비선형 보정된 파장 그래프의 오차가 기설정된 오차 허용치를 초과할 수도 있다. 이러한 경우에, 도 8에 도시된 바와 같이 M을 1만큼 증가시킨 후(460) 다시 상

기 표준 데이터 집합을 설정하는 단계(448)로 이동할 수 있다.

<96> 그러나, 도시된 바와 같이 $M=5$ 인 제1 비선형 보정된 파장 그래프는 $M=4$ 인 제1 비선형 보정된 파장 그래프보다 더 큰 오차를 가진다. 이러한 경우에, 도 8에 도시된 흐름도에서는 무한 루프(endless loop)가 형성될 수도 있다. 따라서, 도 8과는 달리 $M=b+1$ 인 제1 비선형 보정된 파장 그래프의 오차가 오차 허용치를 초과함과 동시에 $M=b$ 인 제1 비선형 보정된 파장 그래프의 오차보다 클 경우에 M 이 b 의 값을 가지도록 설정하면서 루프를 종료할 수도 있다. 또는, 도 8에서 오차 허용 판별 단계(458)에서 기설정된 오차 허용치를 초과하는지의 여부를 판별하는 대신에 현재의 제1 비선형 보정된 파장 그래프의 오차가 이전의 제1 비선형 보정된 파장 그래프의 오차보다 큰 값을 가지는가를 판별할 수도 있다.

<97> 다시 도 4로 돌아가서, 상기 제2 비선형 보정 모드는 선형 근사식 도출 과정(438)과, 제2 비선형 보정식 도출 과정(470)으로 구성된다.

<98> 상기 선형 근사식 도출 과정(438)은 제1 및 제2 기준광(344 및 348)의 제1 및 제2 기준 파장(X_1 및 X_2)과, 상기 제1 및 제2 기준 파장(X_1 및 X_2)에 관련되는 제1 및 제2 기준 구동전압(V_1 및 V_2)을 이용하여 <수학식 1>에 나타낸 바와 같은 선형 근사식을 도출하는 과정이다.

<99> 상기 제2 비선형 보정식 도출 과정(470)은 상기 <수학식 1>에서 구해지는 선형 근사된 파장(x)을 변수로 하며 다항식 $P_{MN}(x, t)$ 을 이용한 제2 비선형 보정식을 구하는 과정이다. 또한, 상기 제2 비선형 보정식에 따른 파장 그래프는 (V_1, X_1)과 (V_2, X_2)를 지나야 한다. 따라서, 상기 제2 비선형 보정식은 하기 <수학식 4>와 같이 표현된다.

<100> 【수학식 4】

$$\lambda = x + (x - X_1)(x - X_2) \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N c_{m,n} x^m t^n \equiv x + (x - X_1)(x - X_2) P_{MN}(x, t)$$

<101> 여기에서, λ 는 제2 비선형 보정된 파장이며, $c_{m,n}$ 은 m, n 차 비선형 계수이고, t 는 광섬유 페브리-페롯 필터(355)에 인가되는 구동 전압(382)과 상기 광섬유 페브리-페롯 필터(355)의 작동 온도를 곱한 값이다. 이 때, 상기 $P_{MN}(x, t)$ 는 실험 데이터를 통해 구해지며, 상기 $P_{MN}(x, t)$ 을 구한다는 것은 결국 M, N 및 $c_{m,n}$ 을 결정한다는 것이다. 또한, $c_{m,n}$ 은 M 및 N 이 정해짐에 따라 정형화된 일련의 계산 과정을 거쳐서 결정되므로, M 및 N 을 어떻게 결정하는지가 중요하다.

<102> 도 10은 도 6에 도시된 제2 비선형 보정식을 도출하기 위한 시스템을 나타내는 도면이다. 도 10에 도시된 시스템은 표준 파장 생성기(610)와, 도 3에 도시된 감시 장치(390)와, 히트 챔버(heat chamber, 620)와, 컴퓨터(630)로 구성된다.

<103> 상기 표준 파장 생성기(610)는 상기 감시 장치(390)로 출력되는 표준 광신호의 표준 파장을 정밀하게 제어할 수 있는 장치이며, 상기 표준 광신호를 나타내는 표준 파장 그래프에 대한 정보(z)를 상기 컴퓨터(630)로 출력한다.

<104> 상기 감시 장치(390)는 상기 표준 광신호를 입력받으며 그로부터 도출되는 선형 근사식에 대한 정보(x)와, 광섬유 페브리-페롯 필터(355)의 작동 온도에 대한 정보(t)를 상기 컴퓨터(630)로 출력한다.

<105> 상기 히트 챔버(620)는 상기 감시 장치의 주변 온도를 조절하는 장치이며, 상기 주변 온도는 상기 광섬유 페브리-페롯 필터(355)의 작동 온도와 실질적으로 동일하다.

<106> 상기 컴퓨터(630)는 일련의 신호 처리 과정을 거쳐서 상기 표준 파장 그래프와 가

장 근접한 파장 그래프를 나타내는 제2 비선형 보정식을 도출하는 기능을 수행한다.

<107> 도 11은 도 10에 도시된 컴퓨터(630)의 신호 처리 과정을 나타내는 흐름도이다. 상기 신호 처리 과정은 표준 데이터 집합을 설정하는 단계(478)와, $P_{MN}(x, t)$ 를 산출하는 단계(480)와, 파장 그래프 비교 단계(484)와, N값 판별 단계(488)와, 오차 허용 판별 단계(490 또는 492)로 구성된다. 상기 신호 처리 과정은 소정 범위의 t (즉, $t_S \leq t \leq t_E$)에 대하여 반복적으로 수행된다. 또한, 초기에 M값 및 N값은 모두 1로 설정되며(474), 이러한 초기값은 임의로 설정할 수 있다.

<108> 상기 표준 데이터 집합을 설정하는 단계(478)는 소정 값의 t 에 대하여 선형 근사된 파장(x)과, 상기 표준 파장 그래프로부터 얻어지는 표준 파장(z)을 데이터 쌍으로 하는 다수의 데이터 쌍의 집합, 즉 $\{(x_0, z_0), (x_1, z_1), \dots, (x_K, z_K)\}$ 을 설정하는 단계이다. 이 때, 상기 K 는 $(M*N+1)$ 과 동일하다.

<109> 상기 $P_{MN}(x, t)$ 를 산출하는 단계(480)는 상기 표준 데이터 집합을 이용하여 $P_{MN}(x, t)$, 즉 상기 <수학식 4>에서 $c_{m,n}$ 을 산출하는 단계이다. 상기 $c_{m,n}$ 을 산출하는 과정은 상기 <수학식 3>에 나타난 과정과 유사하므로, 그 상세한 설명은 생략하기로 한다. 산출된 $c_{m,n}$ 을 상기 <수학식 4>에 대입하여 제2 비선형 보정식을 얻는다.

<110> 상기 파장 그래프 비교 단계(484)는 상기 제2 비선형 보정식이 나타내는 제2 비선형 보정된 파장 그래프와 상기 표준 파장 그래프를 비교하는 단계이다.

<111> 상기 N값 판별 단계(488)는 이전 단계들로부터 M의 값이 결정된 경우에 N의 값을 변경시키기 위한 단계이다. 또한, 일단 N값 판별 단계로 진입하게 되면 M의 값은 고정된다.

<112> 상기 오차 허용 판별 단계(490 또는 492)는 상기 제1 또는 제2 비선형 보정된 파장 그래프와 상기 표준 파장 그래프의 차이를 나타내는 오차가 기설정된 오차 허용 기준에 부합하는지 판별하는 단계이다. 만약, 오차 허용 기준에 부합하지 않는다면 M 또는 N을 1만큼 증가시킨 후(494 또는 498) 다시 상기 표준 데이터 집합을 설정하는 단계(478)로 이동하게 된다. 상기 오차 허용 기준은 현재의 제1 또는 제2 비선형 보정된 파장 그래프의 오차가 이전의 제1 또는 제2 비선형 보정된 파장 그래프의 오차보다 큰지의 여부이다.

<113> 도 12는 본 발명에 따른 제2 비선형 파장 그래프와 선형 근사된 파장 그래프의 차이를 설명하기 위한 도면이다. 도시된 바와 같이, 선형 근사된 파장에 대해서는 그 보정값이 심하게 변함을 알 수 있으나, 광섬유 페브리-페롯 필터의 작동 온도를 반영하는 t에 대해서는 그 보정값이 미소하게 변화함을 알 수 있다. 이 때, 상기 작동 온도의 범위는 0℃~60℃이며, $P_{MN}(x,t)$ 에서 M 및 N은 모두 4이다.

<114> 도 13a는 광스펙트럼 분석기(optical spectrum analyser)를 이용하여 측정된 파장 분할 다중화된 광신호의 파장별 세기 분포를 나타낸 그래프이며, 도 13b는 도 13a에 도시된 광신호를 본 발명에 따른 파장분할 다중화된 광신호의 감시 장치에서 측정한 그래프이다. 도시된 바와 같이, 도 13a에 도시된 그래프와 도 13b에 도시된 그래프는 매우 유사함을 알 수 있다. 또한, 도 13a에 도시된 그래프는 노이즈가 중첩된 파장분할 다중화된 광신호를 나타내고 있으며, 도 13b에 도시된 그래프는 노이즈가 제거된 파장분할 다중화된 광신호를 나타내고 있다.

<115> 도 14a는 도 13a에 도시된 광신호를 선형 근사한 경우의 파장 에러 분포를 나타내

는 그래프이고, 도 14b는 도 13a 도시된 광신호를 제1 비선형 보정한 경우의 파장 에러 분포를 나타내는 그래프이며, 도 14c는 도 13a 도시된 광신호를 제2 비선형 보정한 경우의 파장 에러 분포를 나타내는 그래프이다. 도시된 바와 같이, 선형 근사한 경우, 제1 비선형 보정한 경우, 제2 비선형 보정한 경우의 순으로 그 파장 에러가 점차 감소함을 알 수 있다.

【발명의 효과】

<116> 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 파장분할 다중화된 광신호 감시 장치 및 방법은 제1 비선형 보정식 또는 제2 비선형 보정식을 이용함으로써, 광섬유 페브리-페롯 필터에 대한 구동 전압별 투과 파장 그래프가 가지는 비선형성을 보정할 수 있다는 이점이 있다. 따라서, 본 발명에 따른 파장분할 다중화된 광신호 감시 장치 및 방법은 종래에 비하여 파장분할 다중화된 광신호의 파장, 노이즈 등과 같은 특성을 더 정밀하게 측정할 수 있다는 이점이 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

과장분할 다중화된 광신호의 특성을 측정하는 광신호 감시 방법에 있어서,
과장별 세기를 나타내는 과장 스펙트럼 상에서 상기 입력 광신호의 양옆에 위치하는 제1 및 제2 기준광을 상기 과장분할 다중화된 광신호와 결합하는 과정과;
인가된 구동 전압에 따라 그 투과 과장이 변하는 필터에 상기 결합된 광신호를 입력시키는 과정과;
상기 필터로부터 출력되는 광신호를 검출함에 따라 상기 결합된 광신호의 전체 과장 대역에 걸쳐서 구동 전압에 따른 광세기 그래프를 도출하는 과정과;
상기 제1 및 제2 기준광의 기설정된 제1 및 제2 기준 과장과, 상기 제1 및 제2 기준 과장에 관련된 제1 및 제2 기준 구동전압으로부터 구동 전압에 따른 선형 근사된 과장을 도출하는 과정과;
상기 필터의 투과 과장과 상기 선형 근사된 과장의 불일치를 보상하기 위해 기설정된 비선형 보정식에 구동 전압을 대입하여 비선형 보정된 과장을 도출하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 과장분할 다중화된 광신호의 감시 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서,
상기 선형 근사된 과장은 하기 <수학식 5>에 의해 결정됨을 특징으로 하는 과장분할 다중화된 광신호의 감시 방법.

【수학식 5】

$$x = \frac{X_1 - X_2}{V_1 - V_2} (v - V_1) + X_1$$

(x : 선형 근사된 파장, X_1 : 상기 제1 기준 파장, V_1 : 상기 제1 기준 구동전압, X_2 : 상기 제2 기준 파장, V_2 : 상기 제2 기준 구동전압, v : 상기 x에 관련된 구동 전압)

【청구항 3】

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 비선형 보정식은 하기 <수학식 6>으로 나타냄을 특징으로 하는 파장분할 다중화된 광신호의 감시 방법.

【수학식 6】

$$y = x + (x - X_1)(x - X_2) \sum_{m=0}^M a_m x^m$$

(y : 비선형 보정된 파장, x : 선형 근사된 파장, X_1 : 상기 제1 기준 파장, X_2 : 상기 제2 기준 파장, M : 임의의 정수, a_m : m차 비선형 계수)

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 필터는 광섬유 페브리-페롯 필터임을 특징으로 하는 파장분할 다중화된 광신호의 감시 방법.

【청구항 5】

파장분할 다중화된 입력 광신호의 특성을 측정하는 광신호 감시 방법에 있어서,
파장별 세기를 나타내는 파장 스펙트럼 상에서 상기 입력 광신호의 양옆에 위치하는 제1 및 제2 기준광을 상기 파장분할 다중화된 광신호와 결합하는 과정과;

인가된 구동 전압에 따라 그 투과 파장이 변하는 필터에 상기 결합된 광신호를 입력시키는 과정과;

상기 필터로부터 출력되는 광신호를 검출함에 따라 상기 결합된 광신호의 전체 파장 대역에 걸쳐서 구동 전압에 따른 광세기 그래프를 도출하는 과정과;

상기 제1 및 제2 기준광들의 기설정된 제1 및 제2 기준 파장과, 상기 제1 및 제2 기준 파장에 관련된 제1 및 제2 기준 구동전압으로부터 구동 전압에 따른 선형 근사된 파장을 도출하는 과정과;

상기 필터의 작동 온도를 감지하는 과정과;

상기 필터의 투과 파장과 상기 선형 근사된 파장의 불일치를 보상하기 위해 기설정된 비선형 보정식에 구동 전압 및 상기 필터의 작동 온도를 대입하여 비선형 보정된 파장을 도출하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 파장분할 다중화된 광신호의 감시 방법.

【청구항 6】

제5항에 있어서,

상기 선형 근사된 파장은 하기 <수학식 7>에 의해 결정됨을 특징으로 하는 파장 분할 다중화된 광신호의 감시 방법.

【수학식 7】

$$x = \frac{X_1 - X_2}{V_1 - V_2} (v - V_1) + X_1$$

(x : 선형 근사된 파장, X_1 : 상기 제1 기준 파장, V_1 : 상기 제1 기준 구동전압, X_2 : 상기 제2 기준 파장, V_2 : 상기 제2 기준 구동전압, v : 상기 x에 관련된 구동 전압)

【청구항 7】

제5항 또는 제6항에 있어서,

상기 비선형 보정식은 하기 <수학식 8>로 나타냄을 특징으로 하는 파장분할 다중화된 광신호의 감시 방법.

【수학식 8】

$$\lambda = x + (x - X_1)(x - X_2) \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N c_{m,n} x^m t^n$$

(λ : 비선형 보정된 파장, x : 선형 근사된 파장, X_1 : 상기 제1 기준 파장, X_2 : 상기 제2 기준 파장, M : 임의의 정수, N : 임의의 정수, $c_{m,n}$: m,n차 비선형 계수, t

: 상기 x에 관련된 구동 전압에 상기 작동 온도를 곱한 값)

【청구항 8】

제5항에 있어서,

상기 필터는 광섬유 페브리-페롯 필터임을 특징으로 하는 파장분할 다중화된 광신호의 감시 방법.

【청구항 9】

파장분할 다중화된 광신호의 특성을 측정하는 광신호 감시 장치에 있어서,

파장별 세기를 나타내는 파장 스펙트럼 상에서 상기 파장분할 다중화된 광신호의 양옆에 위치하는 제1 및 제2 기준광과 상기 파장분할 다중화된 광신호를 결합하는 결합기와;

상기 광결합기로부터 출력된 결합된 광신호 중에서 구동 전압에 따라 결정되는 소정 파장만을 투과시키는 필터와;

입력된 구동 신호에 따라 선형적으로 변화하는 구동 전압을 상기 필터에 공급하는 필터 구동부와;

상기 필터로부터 출력되는 광신호를 광전 변환하여 광검출 신호로 출력하는 광검출부와;

상기 필터의 작동 온도를 감지하며, 그 감지된 작동 온도를 나타내는 온도 감지 신호를 출력하는 온도 감지부와;

상기 광검출 신호 및 온도 감지 신호를 입력받으며 상기 필터 구동부에 구동 신호를 출력하고, 상기 제1 및 제2 기준광의 기설정된 제1 및 제2 기준 파장과 상기 제1 및 제2 기준 파장에 관련된 제1 및 제2 기준 구동전압으로부터 구동 전압에 따른 선형 근사된 파장을 도출하며, 상기 필터의 투과 파장과 상기 선형 근사된 파장의 불일치를 보상하기 위해 기설정된 비선형 파장 보정식에 구동 전압 및 상기 필터의 작동 온도를 대입하여 비선형 보정된 파장을 도출하는 제어부를 포함함을 특징으로 하는 파장분할 다중화된 광신호의 감시 장치.

【청구항 10】

제9항에 있어서,

상기 선형 근사된 파장은 하기 <수학식 9>에 의해 결정됨을 특징으로 하는 파장분할 다중화된 광신호의 감시 장치.

【수학식 9】

$$x = \frac{X_1 - X_2}{V_1 - V_2} (v - V_1) + X_1$$

(x : 선형 근사된 파장, X_1 : 상기 제1 기준 파장, V_1 : 상기 제1 기준 구동전압, X_2 : 상기 제2 기준 파장, V_2 : 상기 제2 기준 구동전압, v : 상기 x에 관련된 구동 전압)

【청구항 11】

제9항 또는 제10항에 있어서,

상기 비선형 보정식은 하기 <수학식 10>으로 나타냄을 특징으로 하는 파장분할 다중화된 광신호의 감시 장치.

【수학식 10】

$$\lambda = x + (x - X_1)(x - X_2) \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N c_{m,n} x^m t^n$$

(λ : 비선형 보정된 파장, x : 선형 근사된 파장, X_1 : 상기 제1 기준 파장, X_2 : 상기 제2 기준 파장, M : 임의의 정수, N : 임의의 정수, $c_{m,n}$: m, n 차 비선형 계수, t : 상기 x 에 관련된 구동 전압에 상기 작동 온도를 곱한 값)

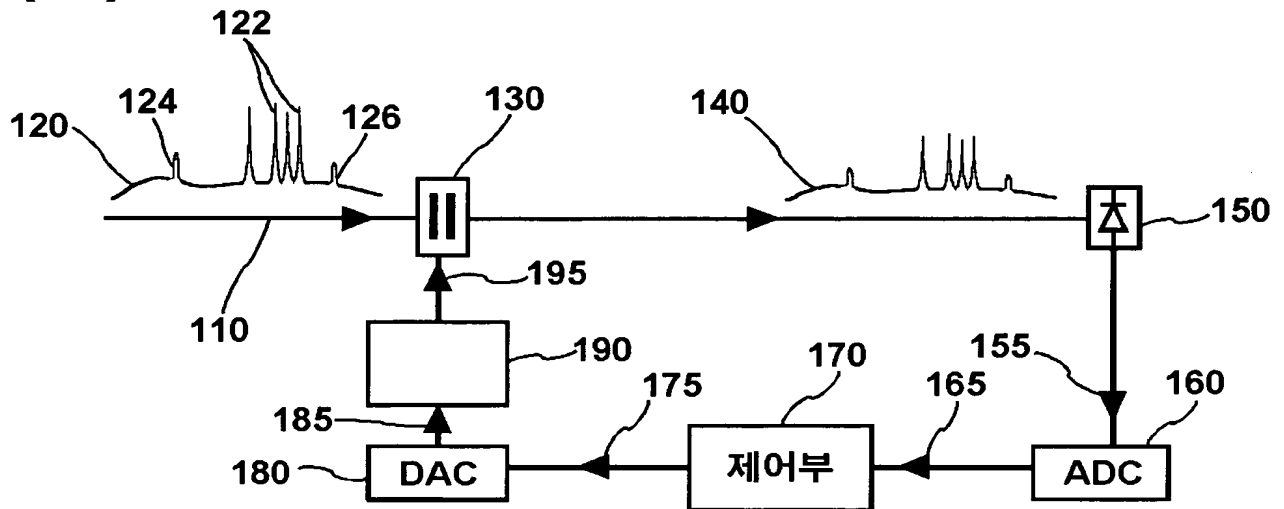
【청구항 12】

제9항에 있어서,

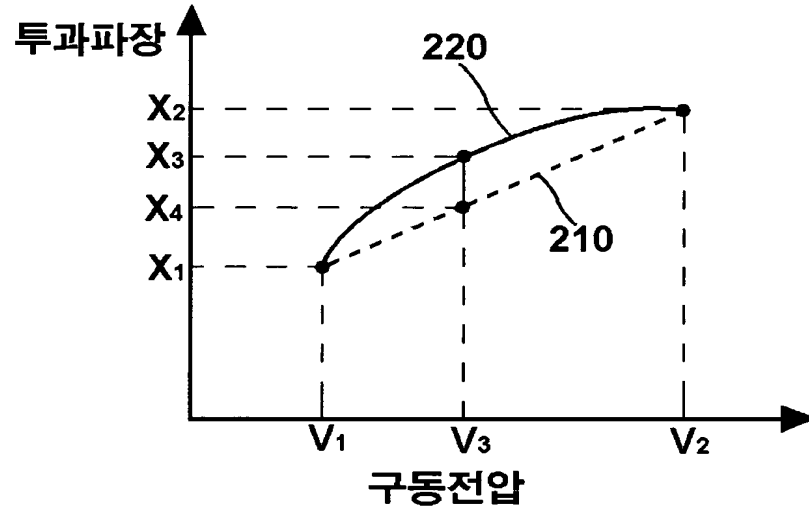
상기 필터는 광섬유 페브리-페롯 필터임을 특징으로 하는 파장분할 다중화된 광신호의 감시 장치.

【도면】

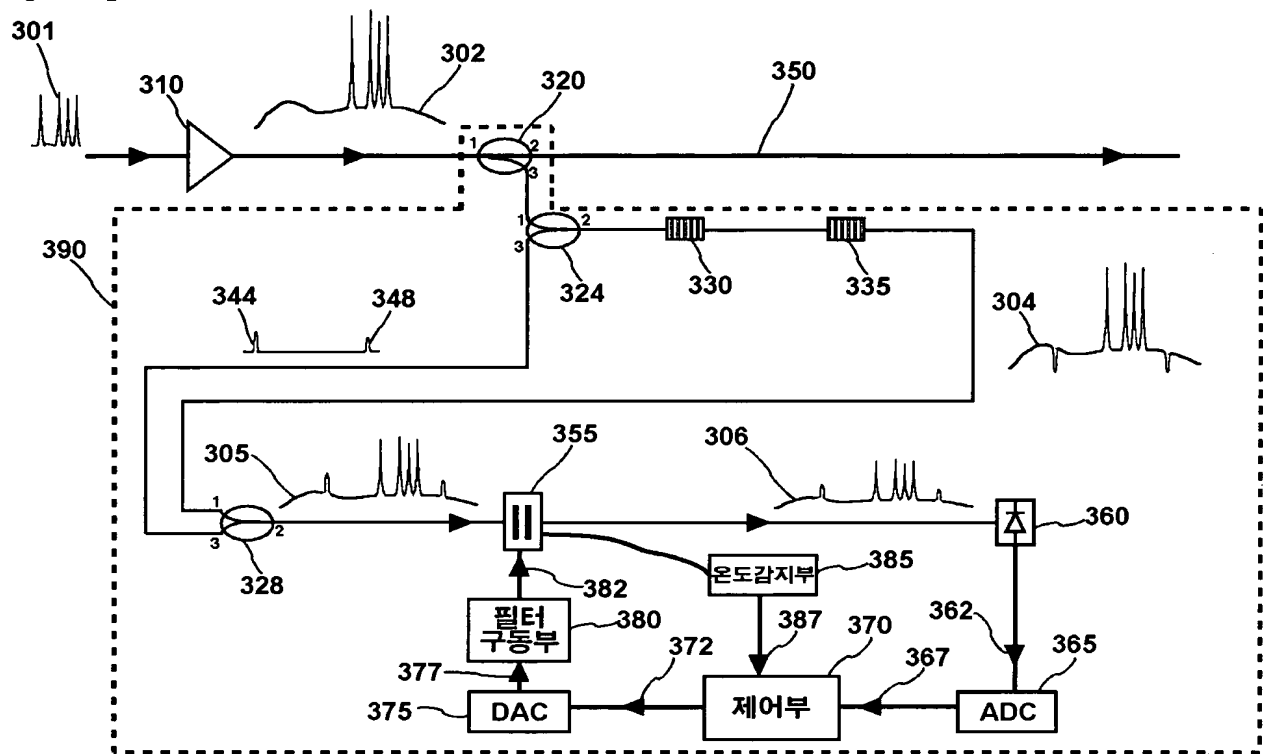
【도 1】



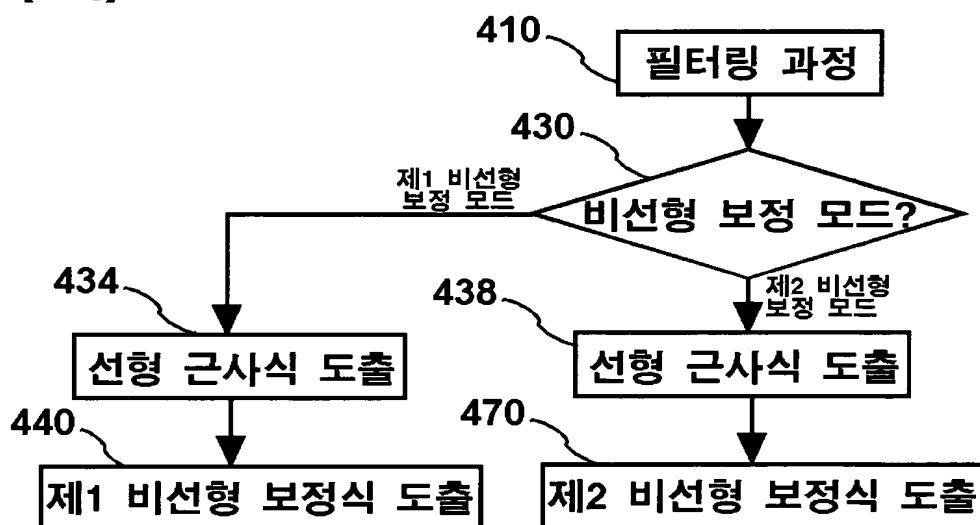
【도 2】



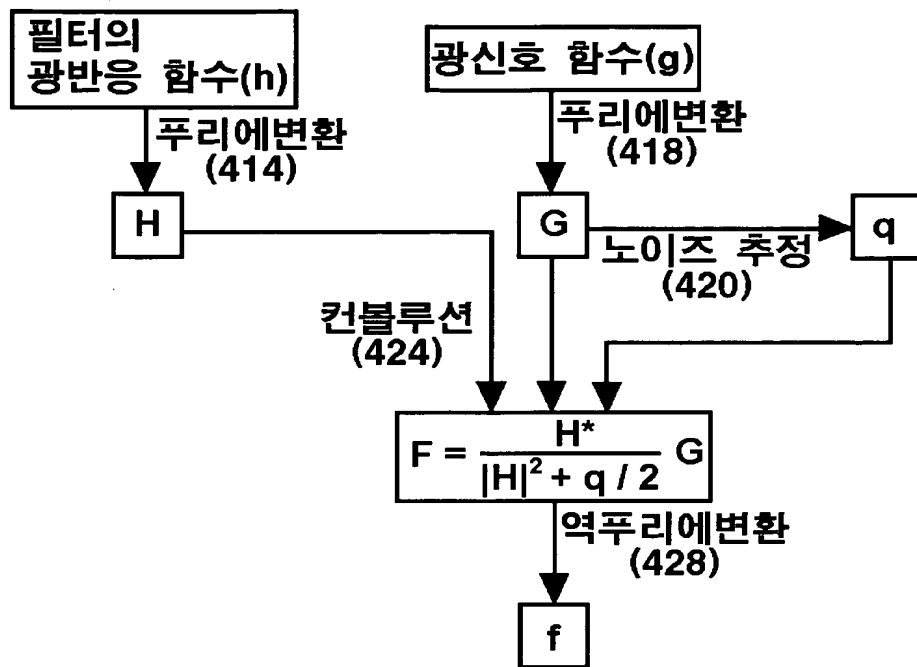
【도 3】



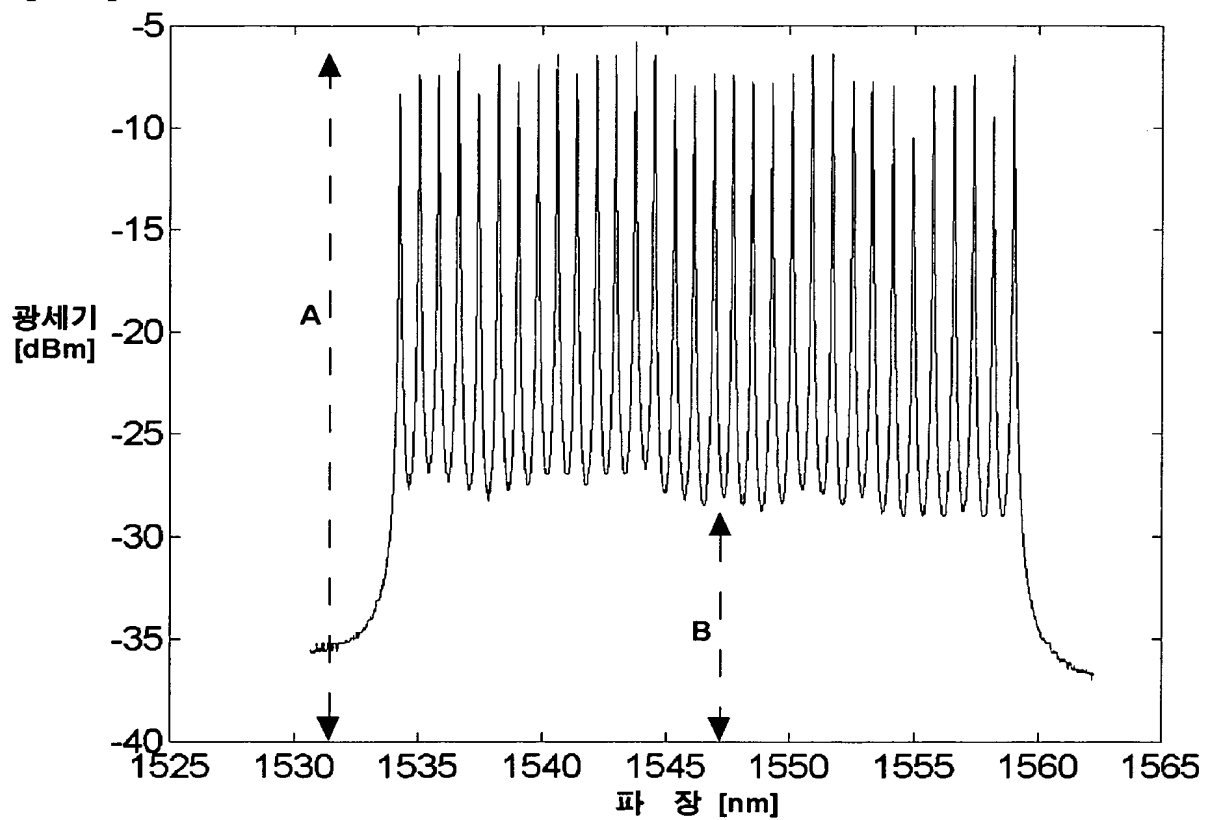
【도 4】



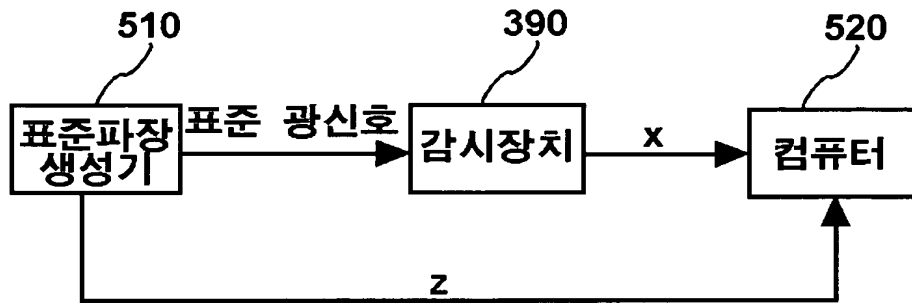
【도 5】



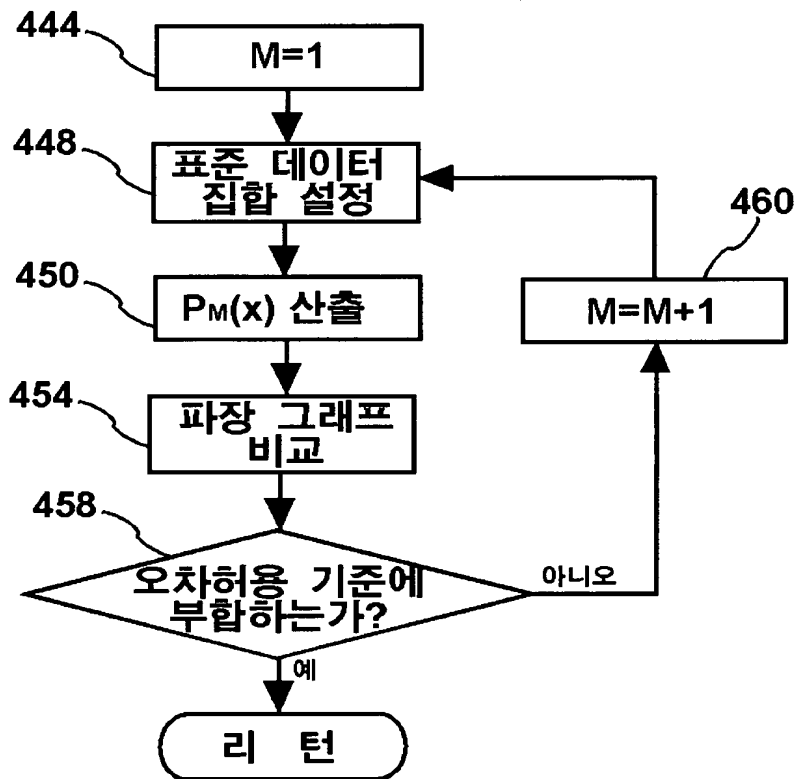
【도 6】



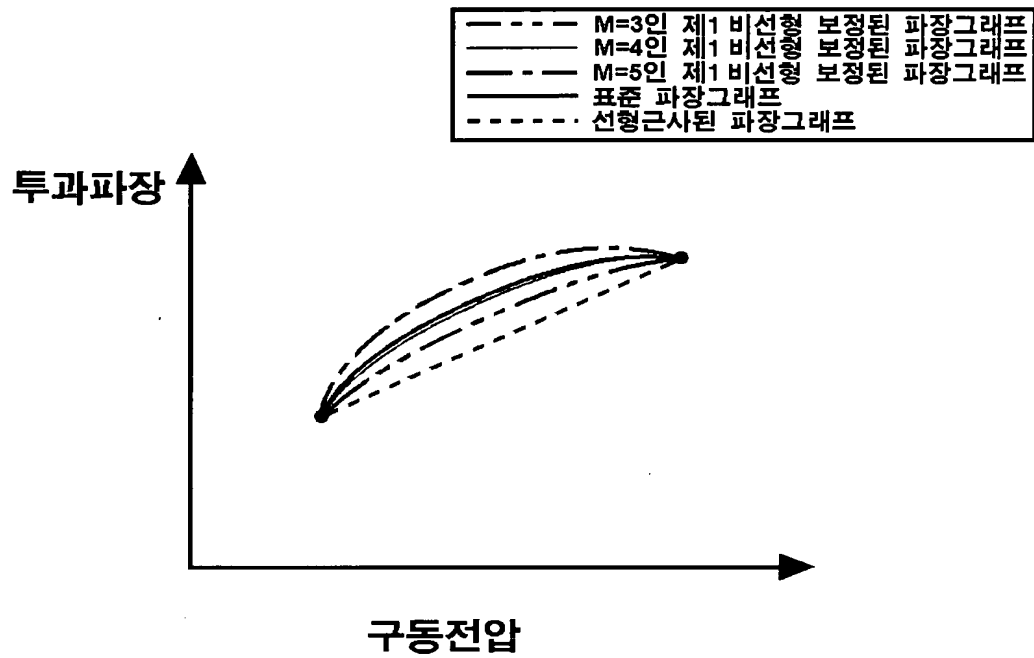
【도 7】



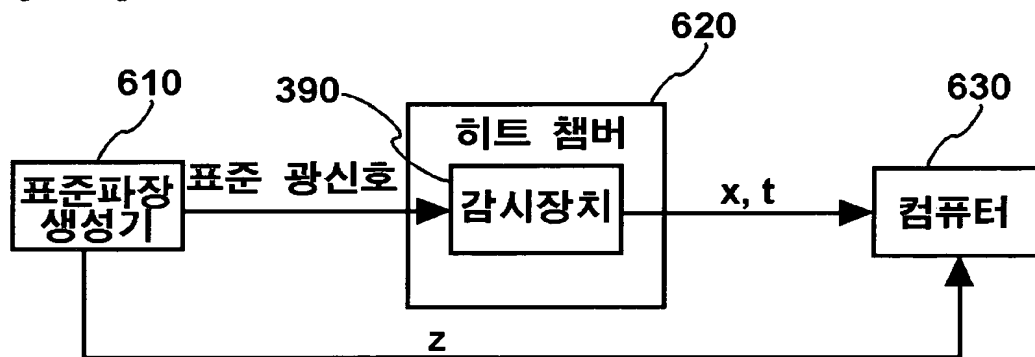
【도 8】



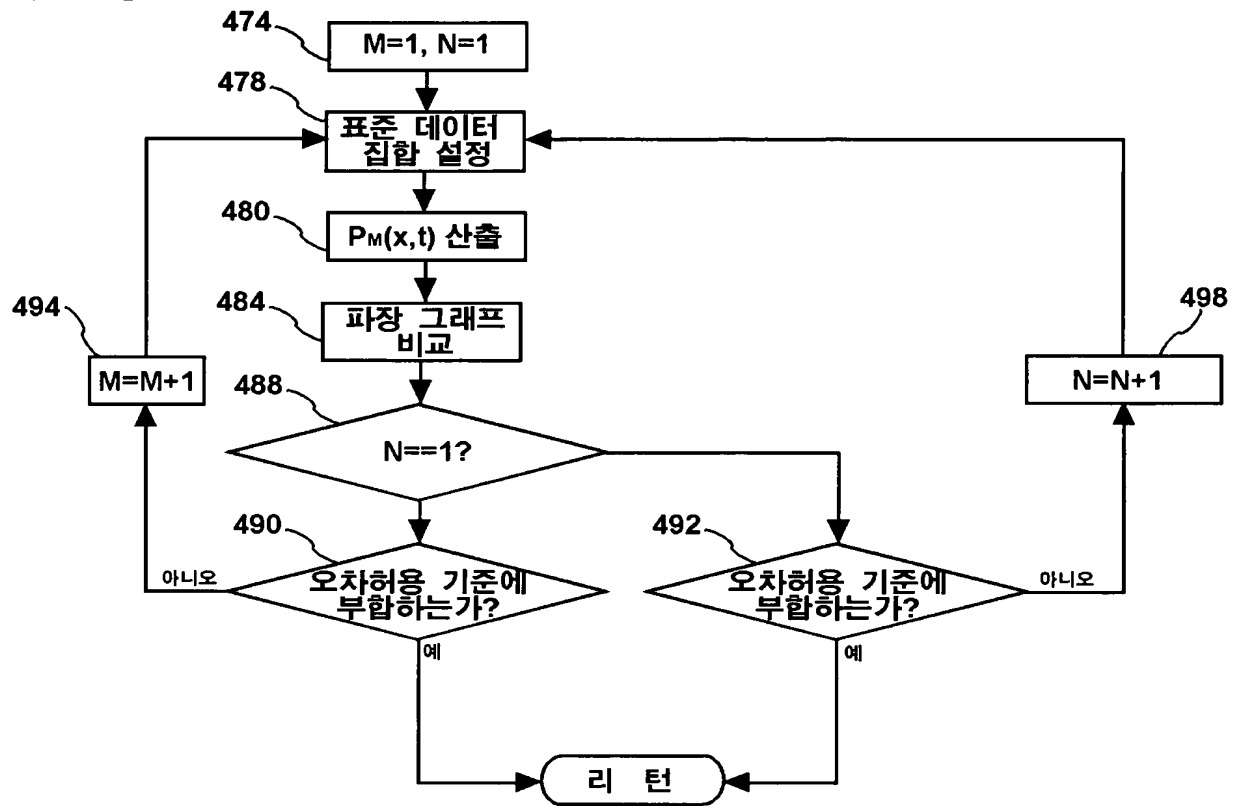
【도 9】



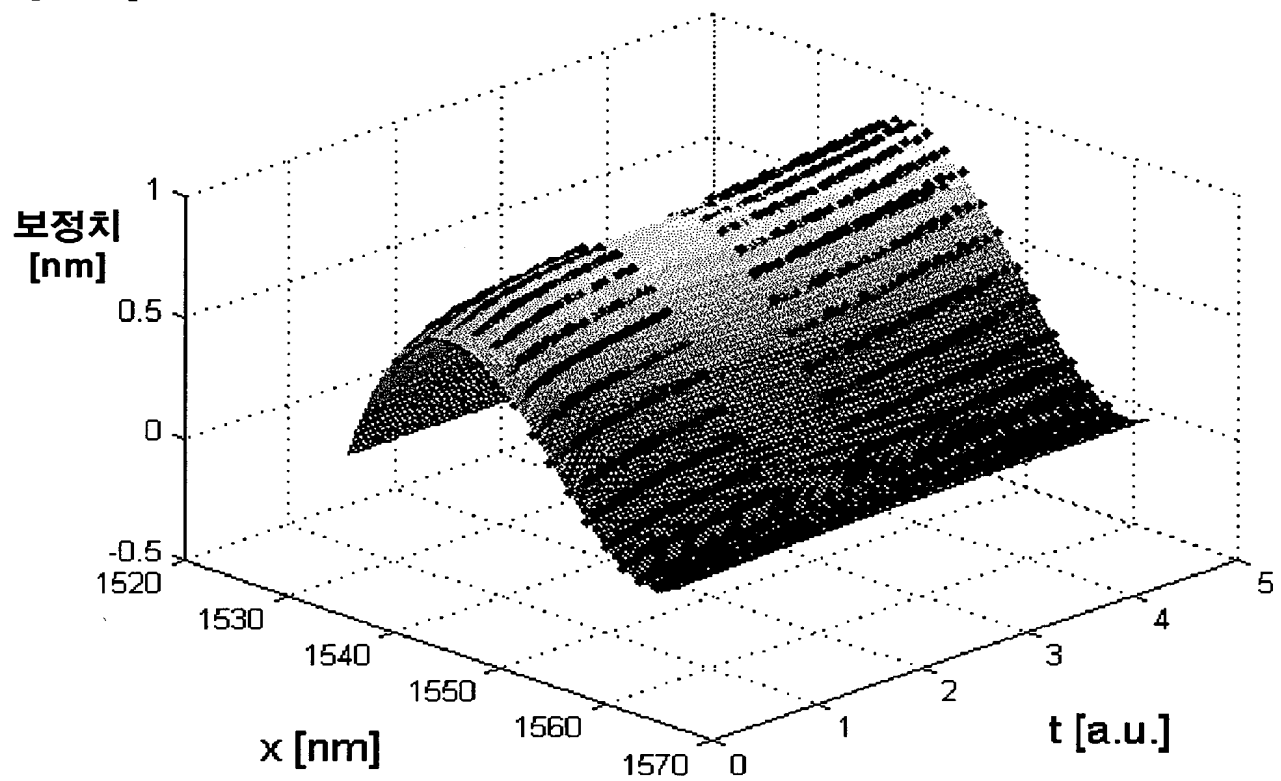
【도 10】



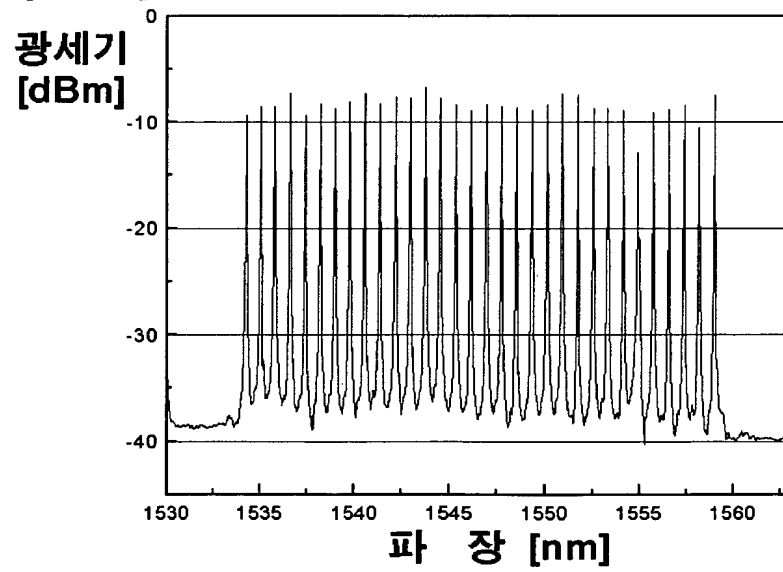
【도 11】



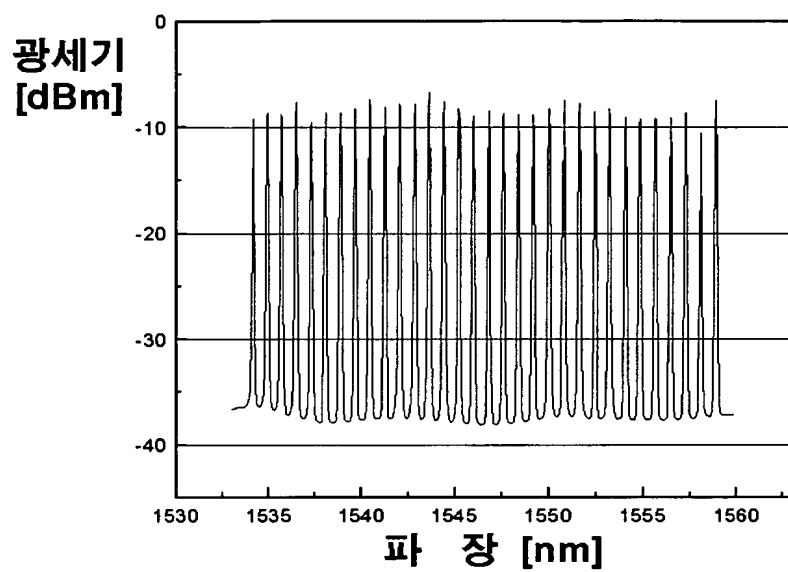
【도 12】



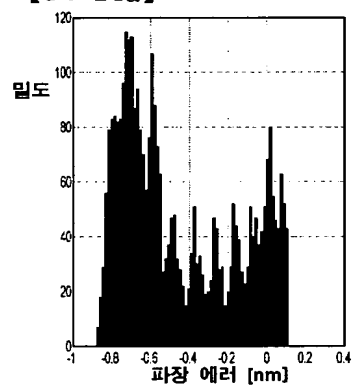
【도 13a】



【도 13b】



【도 14a】



【도 14b】

